

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000019

International filing date: 04 January 2005 (04.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 0400619  
Filing date: 20 January 2004 (20.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 June 2005 (27.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



PCT/FR 2005/000019

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 MARS 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • W / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>20 JAN. 2004</b> LIEU <b>99</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0400619</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>20 JAN. 2004</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE JEUNE Pascale FRANCE TELECOM R&D/VAT/PI 38-40, rue du Général Leclerc 92794 ISSY MOULINEAUX Cédex 9	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) 04968			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) Procédé de restauration de partiels d'un signal sonore			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b> (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		FRANCE TELECOM	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		3 8 0 1 2 9 8 6 6	
Code APE-NAF			
Domicile ou siège		6, place d'Alleray	
Rue			
Code postal et ville		7 5 0 1 5 PARIS	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE <b>20 JAN. 2004</b> LIEU <b>99</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0400619</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	09 540 W / 210502
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom <b>JEUNE</b> Prénom <b>Pascale</b> Cabinet ou Société <b>FRANCE TELECOM R&amp;D/VAT/PI</b> N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel <b>PG 8611</b> Adresse Rue <b>38-40, rue du Général Leclerc</b> Code postal et ville <b>91217 ISSY MOULINEAUX</b> Pays <b>FRANCE</b> N° de téléphone (facultatif) <b>01 45 29 65 78</b> N° de télécopie (facultatif) <b>01 45 29 65 60</b> Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé Paiement échelonné de la redevance (ou deux versements) <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		Uniquement pour les personnes physiques	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint <input type="checkbox"/> La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe <input type="checkbox"/> Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) JEUNE Pascale Mandataire par pouvoir PG 8611		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. ROCHER	

La loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'Informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit le droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

## PROCEDE DE RESTAURATION DE PARTIELS D'UN SIGNAL SONORE

5 La présente invention se rapporte au domaine des télécommunications et en particulier au domaine du traitement numérique d'un signal sonore et à la représentation harmonique d'un tel signal.

En modélisation harmonique des signaux audionumériques, le signal sonore est représenté par un ensemble d'oscillateurs dont les paramètres (fréquence, amplitude,  
10 phase) varient lentement au cours du temps. L'analyse harmonique comprend une analyse temps/fréquence à court terme qui permet de déterminer les valeurs de ces paramètres, suivie d'une extraction de pics puis d'un suivi de partiels.

Le signal à modéliser est découpé en trames de  $\ell$  échantillons (typiquement  $\ell = 1024$ ). Un premier module d'analyse temps/fréquence à court terme (qui effectue  
15 typiquement une transformée de Fourier) permet de calculer le spectre du signal à court terme pour chaque trame. Un deuxième module d'extraction de pics permet de ne retenir que les pics les plus pertinents a priori, un critère étant par exemple de ne garder que les pics les plus énergétiques. Un troisième et dernier module cherche à lier  
les pics entre eux au cours du temps, c'est-à-dire d'une trame à l'autre pour former les  
20 partiels. Chaque partiel correspond pendant sa durée de vie à un oscillateur.

Ce type d'analyse et de représentation peut être utilisé en particulier lors d'un codage à réduction de débit, lors d'un codage paramétrique (c'est-à-dire un codage qui  
traite le signal suivant trois aspects : transitoires, sinusoïdes, bruit), lors de la  
séparation et l'indexation de sources sonores et lors de la restauration de fichiers  
25 sonores.

Il est couramment admis que la synthèse des partiels est de meilleure qualité en utilisant des techniques d'interpolation des phases proposées par Robert J. McAulay et  
Thomas F. Quatieri dans l'article "Speech Analysis/Synthesis Based on a Sinusoidal  
Representation", IEEE Transaction on Acoustics, Speech and Signal Processing, PP  
30 744-754, 1986 ou encore proposées par Laurent Girin, Sylvain Marchand, Joseph di Martino, Axel Röbel et Geoffroy Peeters dans l'article "Comparing the order of a  
Polynomial Phase Model for the Synthesis of Quasi-Harmonic Audio Signals",  
WASPAA, New Paltz, NY, USA, October 2003. Ces techniques permettent la  
synthèse d'un partiel d'un pic  $(A_i, f_i, \varphi_i)$  à un pic  $(A_{i+1}, f_{i+1}, \varphi_{i+1})$  en calculant toutes les  
35 phases intermédiaires à l'aide de polynômes d'ordre 3 ou 5, les fréquences se déduisant

par dérivation. Une interpolation d'ordre 3 est utilisée quand seules sont connues les fréquences et les phases de départ et d'arrivée. Une interpolation d'ordre 5 est utilisée quand sont, en outre, connues les variations d'ordre 2 de la phase (équivalentes aux variations à l'ordre 1 de la fréquence puisque par définition la fréquence est la dérivée de la phase).

La synthèse d'un partiel entre les pics  $P_i(A_i, f_i, \varphi_i)$  et  $P_{i+1}(A_{i+1}, f_{i+1}, \varphi_{i+1})$  consiste à calculer les valeurs  $p(n)$  du partiel entre les trames  $i$  et  $i+1$  :

$$p_i(n) = p(li + n) = A_i(n) \cos(\varphi_i(n)), \quad n = 0, \dots, \ell - 1$$

(1)

A cette fin, il est connu de calculer toutes les phases intermédiaires par l'une des deux méthodes d'interpolation suivantes.

Pour l'interpolation d'ordre 3 selon Mac Aulay et al, la phase est calculée au moyen de l'expression suivante :

$$\varphi_i(n) = \varphi_i + 2\pi f_i nTe + \alpha (nTe)^2 + \beta (nTe)^3$$

(2)

Où  $Te$  est la période d'échantillonnage

Les deux inconnues  $\alpha$  et  $\beta$  se calculent par résolution d'un système d'équations mettant en jeu  $(f_i, \varphi_i, f_{i+1}, \varphi_{i+1})$ . Les fréquences se déduisent par dérivation :

$$2\pi f_i(n) = 2\pi f_i + 2\alpha nTe + 3\beta (nTe)^2$$

(3)

Pour l'interpolation d'ordre 5 selon Girin et al, les variations  $\delta f_i$  et  $\delta f_{i+1}$  à l'ordre 1 de la fréquence aux pics  $P_i$  et  $P_{i+1}$  sont supposées connues. La phase est alors calculée au moyen de l'expression suivante :

$$\varphi_i(n) = \varphi_i + 2\pi f_i nTe + \frac{\delta f_i}{2} (nTe)^2 + \beta (nTe)^3 + \gamma (nTe)^4 + \delta (nTe)^5$$

(4)

Les trois inconnues  $\beta, \delta, \gamma$  se calculent par résolution d'un système d'équations mettant en jeu  $(f_i, f_{i+1}, \varphi_i, \varphi_{i+1}, \delta f_i, \delta f_{i+1})$ . Les fréquences se déduisent par dérivation :

$$2\pi f_i(n) = 2\pi f_i + \delta f_i nTe + 3\beta (nTe)^2 + 4\gamma (nTe)^3 + 5\delta (nTe)^4$$

(5)

Pour des raisons diverses, il peut arriver que certains partiels existants dans le signal soient absents, corrompus ou discontinus en sortie d'analyse et/ou en entrée de synthèse. Par exemple, ils peuvent être absents en entrée du décodeur dans une

application de diffusion de programmes sonores sur Internet en cas de perte de paquets, ils peuvent être corrompus en cas de perturbations du signal à analyser par un signal parasite (bruit, clic, autre signal, etc), ou ils peuvent être discontinus dans le cas où ils ont une énergie trop faible pour être détectés correctement de façon continue. Il s'avère alors nécessaire de mettre en œuvre des techniques de restauration des pics manquants pour pouvoir recréer un signal synthétisé le plus proche possible du signal original. Ceci nécessite de recréer des pics caractérisés chacun par une amplitude, une fréquence et une phase.

Les techniques précédentes d'interpolation, connues de l'art antérieur, sont utilisées pour synthétiser les parties correspondant aux pics manquants et restaurer les partiels.

Cependant ces techniques d'interpolation connues sont adaptées au court terme, c'est-à-dire pour une période inférieure à 10ms. Pour des durées plus longues, le signal re-synthétisé est souvent éloigné de l'original et des artefacts désagréables peuvent apparaître. En effet, ces techniques assurent une continuité de phase entre les pics existants et les pics restaurés, mais en contre partie elles ne permettent pas de contrôler les fréquences induites données par les équations (3) et (5). Cet effet est d'autant plus marqué que la distance d'interpolation est grande.

Un but de l'invention est de proposer une solution alternative au problème de la restauration de la partie manquante et identifiée comme telle d'un partiel, notamment lorsque la partie manquante correspond à des temps longs (supérieurs à 10 ms) pour lesquels les techniques connues sont peu efficaces.

Aussi, le problème technique à résoudre par l'objet de la présente invention est de proposer un procédé de restauration de parties manquantes des partiels d'un signal sonore, lors d'une analyse harmonique suivant laquelle le signal sonore est découpé en trames temporelles sur lesquelles est appliquée une analyse temps/fréquence qui fournit des spectres successifs à court terme représentés par des trames fréquentielles d'échantillons, l'analyse consistant en outre à extraire des pics spectraux dans les trames fréquentielles et à les lier entre eux au cours du temps pour former des partiels, ce procédé étant une alternative aux solutions connues.

Une solution au problème technique posé consiste, selon la présente invention, en ce que ledit procédé de restauration d'un partiel entre un pic  $P_i$  et un pic  $P_{i+N}$  dont les fréquences  $\omega$  et phases  $\phi$  sont connues est tel qu'il comprend les étapes qui consistent :

- à estimer la fréquence  $\hat{\omega}$  de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel,
- à calculer la phase déroulée  $\hat{\phi}$  de pic en pic, depuis la phase du pic  $P_i$  jusqu'à celle du pic  $P_{i+N}$  et pour toutes les fréquences  $\hat{\omega}$  précédemment estimées,
- 5 - à calculer l'erreur de phase  $err\phi$  entre la phase déroulée  $\hat{\phi}$  et la phase connue au même pic  $P_{i+N}$ ,
- à corriger chaque phase déroulée  $\hat{\phi}$  d'une valeur fonction de l'erreur de phase  $err\phi$ .

10 Un procédé selon l'invention se différencie des méthodes connues en ce qu'il effectue un contrôle plus fin de la fréquence des pics manquants et un calcul après coup des phases correspondantes pour assurer la continuité avec les phases des pics existants. Ainsi, un procédé selon l'invention permet une re-synthèse sans artefacts des signaux correspondants aux morceaux de partiels manquants contrairement aux méthodes connues préalablement décrites.

15 En outre, de manière avantageuse, un procédé selon l'invention permet une reconstruction du signal plus proche au sens de l'erreur de reconstruction du signal original que celle obtenue par les méthodes connues.

Enfin, un procédé selon l'invention présente avantageusement un algorithme à faible complexité.

20 L'invention a en outre pour objet un dispositif de synthèse d'un signal sonore pour la mise en œuvre d'un procédé de restauration d'un partiel entre un pic  $P_i$  et un pic  $P_{i+N}$ . Ce dispositif est par exemple un décodeur audio ou un codeur paramétrique adapté pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention.

25 L'invention a en outre pour objet un produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la mémoire interne d'un dispositif précédent, ou d'un groupe de dispositifs. Ce produit programme d'ordinateur comprend des portions de code logiciel pour l'exécution des étapes d'un procédé selon l'invention lorsque le programme est exécuté sur le dispositif ou le groupe de dispositifs.

30 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront lors de la description qui suit faite en regard de figures annexées données à titre d'exemples non limitatifs.

La figure 1 est un organigramme d'un exemple de déroulement d'un procédé selon l'invention.

35 La figure 2 est un schéma d'un exemple d'utilisation d'un procédé selon l'invention.



- à estimer la fréquence  $\omega$  de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel,
- à calculer la phase déroulée  $\phi$  de pic en pic, depuis la phase du pic  $P_i$  jusqu'à celle du pic  $P_{i+N}$  et pour toutes les fréquences  $\omega$  précédemment estimées,
- 5 - à calculer l'erreur de phase  $err\phi$  entre la phase déroulée  $\phi$  et la phase connue au même pic  $P_{i+N}$ ,
- à corriger chaque phase déroulée  $\phi$  d'une valeur fonction de l'erreur de phase  $err\phi$ .

10 Un procédé selon l'invention se différencie des méthodes connues en ce qu'il effectue un contrôle plus fin de la fréquence des pics manquants et un calcul après coup des phases correspondantes pour assurer la continuité avec les phases des pics existants. Ainsi, un procédé selon l'invention permet une re-synthèse sans artefacts des signaux correspondants aux morceaux de partiels manquants contrairement aux méthodes connues préalablement décrites.

15 En outre, de manière avantageuse, un procédé selon l'invention permet une reconstruction du signal plus proche au sens de l'erreur de reconstruction du signal original que celle obtenue par les méthodes connues.

Enfin, un procédé selon l'invention présente avantageusement un algorithme à faible complexité.

20 L'invention a en outre pour objet un dispositif de synthèse d'un signal sonore pour la mise en œuvre d'un procédé de restauration d'un partiel entre un pic  $P_i$  et un pic  $P_{i+N}$ . Ce dispositif est par exemple un décodeur audio ou un codeur paramétrique adapté pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention.

25 L'invention a en outre pour objet un produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la mémoire interne d'un dispositif précédent, ou d'un groupe de dispositifs. Ce produit programme d'ordinateur comprend des portions de code logiciel pour l'exécution des étapes d'un procédé selon l'invention lorsque le programme est exécuté sur le dispositif ou le groupe de dispositifs.

30 L'invention a en outre pour objet un support utilisable dans un dispositif précédent ou un groupement de dispositifs et sur lequel est enregistré un produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la mémoire interne du dispositif ou du groupe de dispositifs, comprenant des portions de code logiciel pour l'exécution des étapes d'un procédé selon l'invention, lorsque le programme est exécuté sur le dispositif ou le groupe de dispositifs.

Un procédé selon l'invention se déroule de la façon suivante décrite en regard de l'organigramme de la figure 1. Le procédé 1 consiste à restaurer un partiel entre un pic  $P_i$  et un pic  $P_{i+N}$  dont les fréquences  $\omega$  et phases  $\varphi$  sont connues.

5 Dans une première étape 2, le procédé estime la fréquence  $\hat{\omega}$  et l'amplitude  $A$  de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$ . Cette estimation est effectuée par exemple par interpolation ou prédiction linéaire selon des méthodes connues.

Soit un partiel constitué d'une succession de pics  $P_i(A_i, \omega_i, \varphi_i)$  liés entre eux, connus à des instants  $iT$  et caractérisés par :

- $A_i$ , l'amplitude du pic au temps  $iT$
- 10  $\omega_i$ , la fréquence du pic au temps  $iT$
- $\varphi_i$ , la phase du pic au temps  $iT$ , donnée modulo  $2\pi$ .

L'estimation de la fréquence des pics manquants entre les pics  $P_i$  et  $P_{i+N}$  est effectuée par exemple au moyen d'une interpolation linéaire entre  $\omega_i$  et  $\omega_{i+N}$ , ou au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé ou sur le futur, décrite par exemple dans  
15 l'article "Enhanced Partial Tracking using linear Prediction", de Mathieu Lagrange, Sylvain Marchand, martin Raspaud et Jean-Bernard Rault, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx) Conference, pp141-146, Queen Mary, University of London, UK, September 2003, ou encore au moyen d'une combinaison pondérée sur le passé ou sur le futur.

20 L'estimation de l'amplitude  $A$  des pics manquants est effectuée par exemple au moyen d'une interpolation linéaire entre  $A_i$  et  $A_{i+N}$ , ou au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé ou sur le futur ou encore au moyen d'une combinaison pondérée sur le passé ou sur le futur.

25 Dans une deuxième étape 3, le procédé calcule la phase déroulée  $\hat{\varphi}$  de pic en pic, depuis la phase du pic  $P_i$  jusqu'à celle du pic  $P_{i+N}$ . Ce calcul est effectué pour chacune des fréquences  $\omega$  précédemment estimées.

Soient  $\varphi_i$  et  $\omega_i$  la phase et la fréquence de départ et  $\{\hat{\omega}_{i+1}, \dots, \hat{\omega}_{i+N-1}\}$  une estimation des fréquences dans l'intervalle à reconstruire. Pour prolonger le partiel entre le pic  $P_i$  et le pic  $P_{i+N}$ , le procédé déroule la phase selon l'expression suivante :

$$30 \quad \hat{\varphi}_{i+n} = \text{mod} \left( \varphi_i + \sum_{j=1}^n \frac{\hat{\omega}_{i+j} + \hat{\omega}_{i+j-1}}{2} T, 2\pi \right), \quad n = 1, \dots, N$$

(6)

Pour ne pas engendrer de discontinuités nuisibles à la qualité de la re-synthèse, il faut obtenir à l'instant  $i+N$  une phase reconstruite  $\hat{\varphi}_{i+N}$  égale à  $\varphi_{i+N}$ . Les données

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront lors de la description qui suit faite en regard de figures annexées données à titre d'exemples non limitatifs.

La figure 1 est un organigramme d'un exemple de déroulement d'un procédé selon l'invention.

La figure 2 est un schéma d'un exemple d'utilisation d'un procédé selon l'invention.

Un procédé selon l'invention se déroule de la façon suivante décrite en regard de l'organigramme de la figure 1. Le procédé 1 consiste à restaurer un partiel entre un pic  $P_i$  et un pic  $P_{i+N}$  dont les fréquences  $\omega$  et phases  $\phi$  sont connues.

Dans une première étape 2, le procédé estime la fréquence  $\hat{\omega}$  et l'amplitude  $A$  de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$ . Cette estimation est effectuée par exemple par interpolation ou prédiction linéaire selon des méthodes connues.

Soit un partiel constitué d'une succession de pics  $P_i(A_i, \omega_i, \phi_i)$  liés entre eux, connus à des instants  $iT$  et caractérisés par :

$A_i$ , l'amplitude du pic au temps  $iT$

$\omega_i$ , la fréquence du pic au temps  $iT$

$\phi_i$ , la phase du pic au temps  $iT$ , donnée modulo  $2\pi$ .

L'estimation de la fréquence des pics manquants entre les pics  $P_i$  et  $P_{i+N}$  est effectuée par exemple au moyen d'une interpolation linéaire entre  $\omega_i$  et  $\omega_{i+N}$ , ou au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé ou sur le futur, décrite par exemple dans l'article "Enhanced Partial Tracking using linear Prediction", de Mathieu Lagrange, Sylvain Marchand, martin Raspaud et Jean-Bernard Rault, Proceedings of the Digital Audio Effects (DAFx) Conference, pp141-146, Queen Mary, University of London, UK, September 2003, ou encore au moyen d'une combinaison pondérée sur le passé ou sur le futur.

L'estimation de l'amplitude  $A$  des pics manquants est effectuée par exemple au moyen d'une interpolation linéaire entre  $A_i$  et  $A_{i+N}$ , ou au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé ou sur le futur ou encore au moyen d'une combinaison pondérée sur le passé ou sur le futur.

Dans une deuxième étape 3, le procédé calcule la phase déroulée  $\hat{\phi}$  de pic en pic, depuis la phase du pic  $P_i$  jusqu'à celle du pic  $P_{i+N}$ . Ce calcul est effectué pour chacune des fréquences  $\omega$  précédemment estimées.

intervenant dans l'expression (6) précédente étant soient approximées, soient prédites, il est statistiquement impossible d'obtenir cette égalité. Par conséquent, le procédé répartit l'erreur de phase  $err\varphi$  calculée à l'instant  $i+N$  entre tous les pics manquants et préalablement reconstruits  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  au moyen des étapes suivantes.

5 Dans une troisième étape 4, le procédé calcule l'erreur de phase  $err\varphi$  entre la phase déroulée  $\hat{\varphi}_{i+N}$  et la phase connue  $\varphi_{i+N}$  au même pic  $P_{i+N}$ . Ce calcul peut être effectué selon le système d'équations suivant :

$$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} + 2\pi \text{ si } |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} + 2\pi| < |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N}|$$

(7)

$$10 \quad err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} - 2\pi \text{ si } |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} - 2\pi| < |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N}|$$

(8)

$$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} \text{ sinon.}$$

(9)

15 Dans une quatrième étape 5, le procédé corrige chaque phase déroulée  $\hat{\varphi}_{i+n}$  d'une valeur fonction de l'erreur de phase  $err\varphi$ . Typiquement l'erreur de phase calculée à l'instant  $i+N$  est répartie de manière uniforme sur chacune des phases déroulées selon l'expression suivante :

$$\hat{\varphi}_{corrigée_{i+n}} = \text{mod} \left( \hat{\varphi}_{i+n} + err\varphi \frac{n}{N}, 2\pi \right) \quad n = 1, \dots, N-1$$

(10)

20 La répartition peut ne pas être uniforme et suivre une loi non linéaire par exemple.

L'exemple d'utilisation illustré par la figure 2, consiste à restaurer les partiels au moyen d'un procédé 1 selon l'invention lors d'une analyse harmonique d'un signal sonore par exemple lors d'un codage paramétrique. Le signal sonore  $s(n)$  est représenté par un ensemble d'oscillateurs dont les paramètres (fréquence, amplitude) varient lentement au cours du temps. De manière classique, l'analyse harmonique comprend une analyse 6 temps/fréquence à court terme qui permet de déterminer les valeurs de ces paramètres, suivie d'une extraction 7 de pics puis d'un suivi 8 de partiels. Une détection 9 de trous dans les partiels précède la mise en œuvre d'un procédé 1 de restauration des partiels selon l'invention. Les pics reconstruits  $P_{i+n}(\hat{A}_{i+n}, \hat{\omega}_{i+n}, \hat{\varphi}_{i+n})$  lors de la mise en œuvre du procédé 1, sont ensuite traités comme des pics issus de l'analyse harmonique et la synthèse 10 additive du signal correspondant au partiel

Soient  $\varphi_i$  et  $\omega_i$  la phase et la fréquence de départ et  $\{\hat{\omega}_{i+1}, \dots, \hat{\omega}_{i+N-1}\}$  une estimation des fréquences dans l'intervalle à reconstruire. Pour prolonger le partiel entre le pic  $P_i$  et le pic  $P_{i+N}$ , le procédé déroule la phase selon l'expression suivante :

$$\hat{\varphi}_{i+n} = \text{mod} \left( \varphi_i + \sum_{j=1}^n \frac{\hat{\omega}_{i+j} + \hat{\omega}_{i+j-1}}{2} T, 2\pi \right), \quad n=1, \dots, N$$

5

(6)

Pour ne pas engendrer de discontinuités nuisibles à la qualité de la re-synthèse, il faut obtenir à l'instant  $i+N$  une phase reconstruite  $\hat{\varphi}_{i+N}$  égale à  $\varphi_{i+N}$ . Les données intervenant dans l'expression (6) précédente étant soit approximées, soit prédites, il est statistiquement impossible d'obtenir cette égalité. Par conséquent, le procédé répartit l'erreur de phase  $err\varphi$  calculée à l'instant  $i+N$  entre tous les pics manquants et préalablement reconstruits  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  au moyen des étapes suivantes.

10

Dans une troisième étape 4, le procédé calcule l'erreur de phase  $err\varphi$  entre la phase déroulée  $\hat{\varphi}_{i+N}$  et la phase connue  $\varphi_{i+N}$  au même pic  $P_{i+N}$ . Ce calcul peut être effectué selon le système d'équations suivant :

15

$$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} + 2\pi \quad \text{si } |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} + 2\pi| < |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N}|$$

(7)

$$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} - 2\pi \quad \text{si } |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} - 2\pi| < |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N}|$$

(8)

$$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} \quad \text{sinon.}$$

20

(9)

Dans une quatrième étape 5, le procédé corrige chaque phase déroulée  $\hat{\varphi}_{i+n}$  d'une valeur fonction de l'erreur de phase  $err\varphi$ . Typiquement l'erreur de phase calculée à l'instant  $i+N$  est répartie de manière uniforme sur chacune des phases déroulées selon l'expression suivante :

25

$$\hat{\varphi}_{corrigée_{i+n}} = \text{mod} \left( \hat{\varphi}_{i+n} + err\varphi \frac{n}{N}, 2\pi \right) \quad n=1, \dots, N-1$$

(10)

La répartition peut ne pas être uniforme et suivre une loi non linéaire par exemple.

restauré à partir de ces pics reconstruits peut se faire, par exemple, par une des méthodes connues d'interpolation des phases (ordre 3 ou ordre 5).

L'exemple d'utilisation illustré par la figure 2, consiste à restaurer les partiels au moyen d'un procédé 1 selon l'invention lors d'une analyse harmonique d'un signal sonore par exemple lors d'un codage paramétrique. Le signal sonore  $s(n)$  est représenté par un ensemble d'oscillateurs dont les paramètres (fréquence, amplitude) varient lentement au cours du temps. De manière classique, l'analyse harmonique comprend une analyse 6 temps/fréquence à court terme qui permet de déterminer les valeurs de ces paramètres, suivie d'une extraction 7 de pics puis d'un suivi 8 de partiels. Une détection 9 de trous dans les partiels précède la mise en œuvre d'un procédé 1 de restauration des partiels selon l'invention. Les pics reconstruits  $P_{l+n}(\hat{A}_{l+n}, \hat{\omega}_{l+n}, \hat{\phi}_{l+n})$  lors de la mise en œuvre du procédé 1, sont ensuite traités comme des pics issus de l'analyse harmonique et la synthèse 10 additive du signal correspondant au partiel restauré à partir de ces pics reconstruits peut se faire, par exemple, par une des méthodes connues d'interpolation des phases (ordre 3 ou ordre 5).

REVENDICATIONS

1. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore, lors d'une analyse harmonique suivant laquelle le signal sonore est découpé en trames temporelles sur lesquelles est appliquée une analyse temps/fréquence qui fournit des spectres successifs à court terme représentés par des trames fréquentielles d'échantillons, l'analyse consistant en outre à extraire des pics spectraux dans les trames fréquentielles et à les lier entre eux au cours du temps pour former des partiels, le procédé de restauration d'un partiel entre un pic  $P_i$  et un pic  $P_{i+N}$  dont les fréquences et phases sont connues est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent :
- à estimer (2) la fréquence  $\hat{\omega}$  de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel,
  - à calculer (3) la phase déroulée  $\hat{\phi}$  de pic en pic, depuis la phase du pic  $P_i$  jusqu'à celle du pic  $P_{i+N}$  et ce, pour toutes les fréquences  $\hat{\omega}$  précédemment estimées,
  - à calculer (4) l'erreur de phase  $err\phi$  entre la phase déroulée  $\hat{\phi}$  et la phase connue au même pic  $P_{i+N}$ ,
  - à corriger (5) chaque phase déroulée  $\hat{\phi}$  d'une valeur fonction de l'erreur de phase  $err\phi$ .
2. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon la revendication 1, dans lequel la phase déroulée  $\hat{\phi}$  est calculée par la formule :
- $$\hat{\phi}_{i+n} = \text{mod} \left( \phi_i + \sum_{j=1}^n \frac{\hat{\omega}_{i+j} + \hat{\omega}_{i+j-1}}{2} T, 2\pi \right), n = 1, \dots, N$$
- avec  $\phi_i$  et  $\hat{\omega}_i = \omega_i$  la phase et la fréquence du pic  $P_i$ ,  $\phi_{i+N}$  et  $\hat{\omega}_{i+N} = \omega_{i+N}$  la phase et la fréquence du pic  $P_{i+N}$ .
3. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel l'estimation de la fréquence  $\hat{\omega}$  des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  est effectuée au moyen d'une interpolation linéaire entre les fréquences des pics connus  $P_i$  et  $P_{i+N}$ .



4. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel l'estimation de la fréquence  $\hat{\omega}$  des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  est effectuée au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé.

5

5. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel l'estimation de la fréquence  $\hat{\omega}$  des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  est effectuée au moyen d'une prédiction linéaire sur le futur.

10

6. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel l'estimation de la fréquence  $\hat{\omega}$  des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  est effectuée au moyen d'une combinaison pondérée d'une prédiction linéaire sur le passé et d'une prédiction linéaire sur le futur.

15

7. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications précédentes, qui comprend en outre l'étape qui consiste :

- à estimer l'amplitude de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel au moyen d'une interpolation linéaire entre les amplitudes  $A$  des pics connus  $P_i$  et  $P_{i+N}$ .

20

8. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 à 6, qui comprend en outre l'étape qui consiste :

- à estimer l'amplitude de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé.

25

9. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 à 6, qui comprend en outre l'étape qui consiste :

- à estimer l'amplitude de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel au moyen d'une prédiction linéaire sur le futur.

30

10. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications 1 à 6, qui comprend en outre l'étape qui consiste :

- à estimer l'amplitude de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel au moyen d'une prédiction linéaire sur le passé et d'une prédiction linéaire sur le futur.

- 5 11. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la correction de phase consiste à répartir uniformément l'erreur de phase  $err\varphi$  calculée à l'instant  $i+N$  entre tous les pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  du partiel.
- 10 12. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon la revendication précédente, dans lequel la phase corrigée est déterminée par l'équation :
- $$\hat{\varphi}_{corrigée_{i+n}} = \text{mod} \left( \hat{\varphi}_{i+n} + err\varphi \frac{n}{N}, 2\pi \right) \quad n = 1, \dots, N-1$$
13. Procédé (1) de restauration de partiels d'un signal sonore selon la revendication précédente, dans lequel l'erreur de phase  $err\varphi$  est déterminée par le système
- 15 d'équations :
- $$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} + 2\pi \quad \text{si } |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} + 2\pi| < |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N}|$$
- $$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} - 2\pi \quad \text{si } |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} - 2\pi| < |\varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N}|$$
- $$err\varphi = \varphi_{i+N} - \hat{\varphi}_{i+N} \quad \text{sinon.}$$
- 20 14. Dispositif de synthèse d'un signal sonore pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend :
- des moyens d'estimation de la fréquence  $\hat{\omega}$  de chacun des pics manquants  $P_{i+1}$  à  $P_{i+N-1}$  de ce partiel,
  - des moyens de calcul de la phase déroulée  $\hat{\varphi}$  de pic en pic, depuis la phase du
  - 25 pic  $P_i$  jusqu'à celle du pic  $P_{i+N}$  et ce, pour toutes les fréquences  $\hat{\omega}$  précédemment estimées,
  - des moyens de calcul de l'erreur de phase  $err\varphi$  entre la phase déroulée  $\hat{\varphi}$  et la phase connue au même pic  $P_{i+N}$ ,
  - des moyens de correction de chaque phase déroulée  $\hat{\varphi}$  d'une valeur fonction de
  - 30 l'erreur de phase  $err\varphi$ .
15. Un produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la mémoire interne d'un dispositif ou d'un groupe de dispositifs selon la revendication

précédente, comprenant des portions de code logiciel pour l'exécution des étapes d'un procédé (1) selon l'une des revendications 1 à 13, lorsque le programme est exécuté sur le dispositif ou le groupe de dispositifs.

- 5      16. Support utilisable dans un dispositif ou un groupement de dispositifs selon la revendication 14 et sur lequel est enregistré un produit programme d'ordinateur selon la revendication précédente.

précédente, comprenant des portions de code logiciel pour l'exécution des étapes d'un procédé (1) selon l'une des revendications 1 à 13, lorsque le programme est exécuté sur le dispositif ou le groupe de dispositifs.

- 5 16. Support utilisable dans un dispositif ou un groupement de dispositifs selon la revendication 14 et sur lequel est enregistré un produit programme d'ordinateur chargeable directement dans la mémoire interne du dispositif ou du groupe de dispositifs, comprenant des portions de code logiciel pour l'exécution des étapes d'un procédé (1) selon l'une des revendications 1 à 13, lorsque le programme est exécuté sur le dispositif ou le groupe de dispositifs.
- 10

1

Fig 1

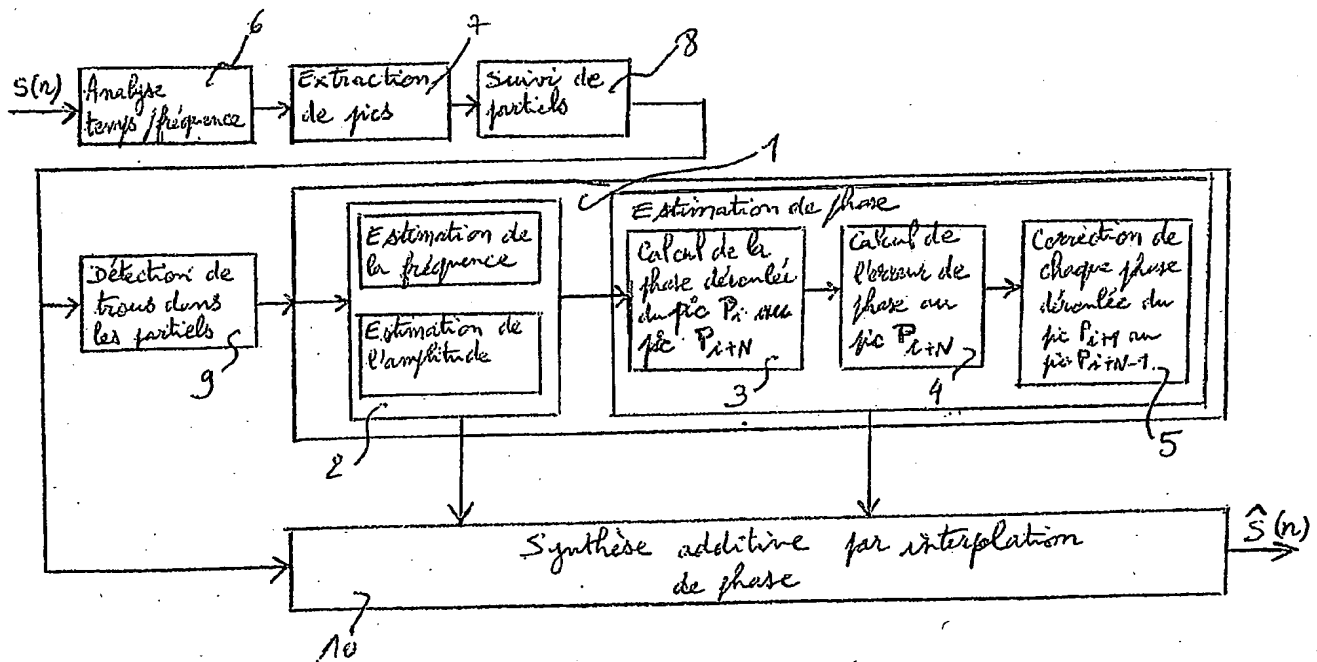
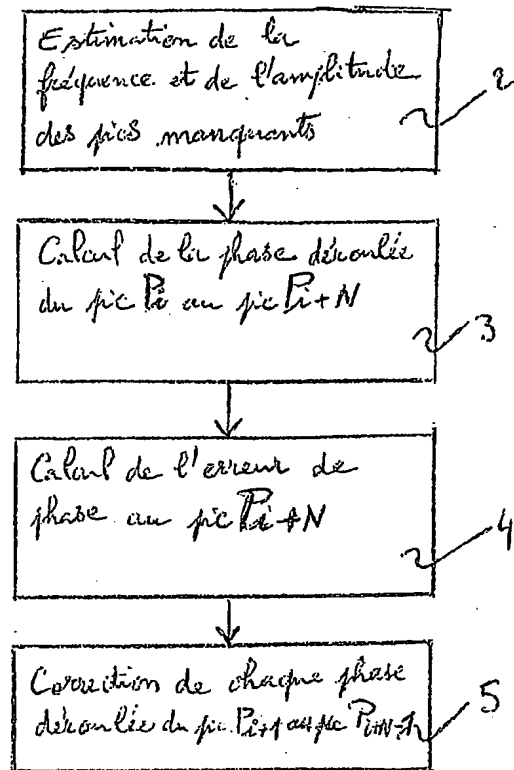
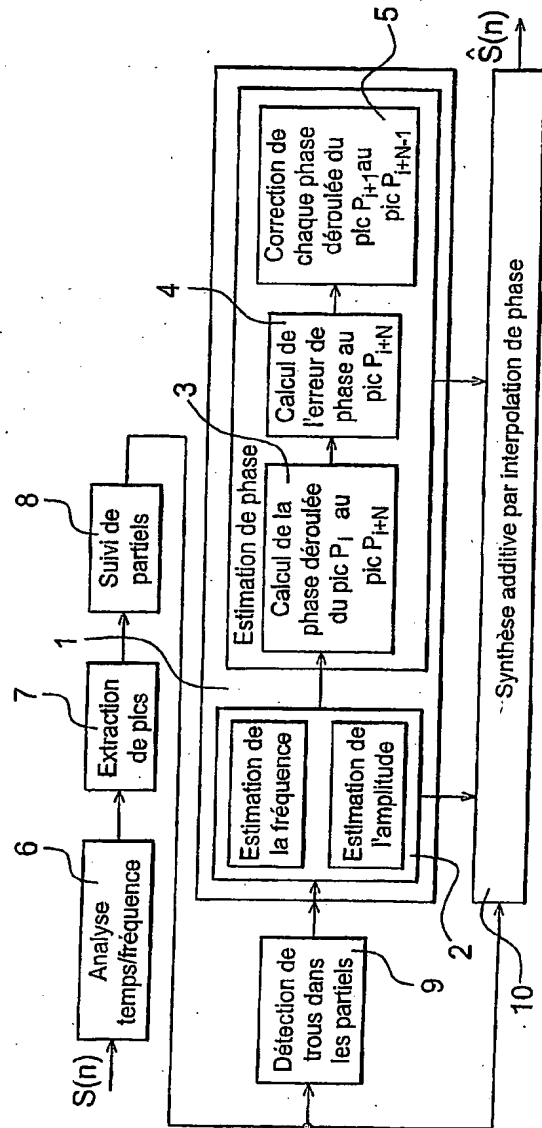
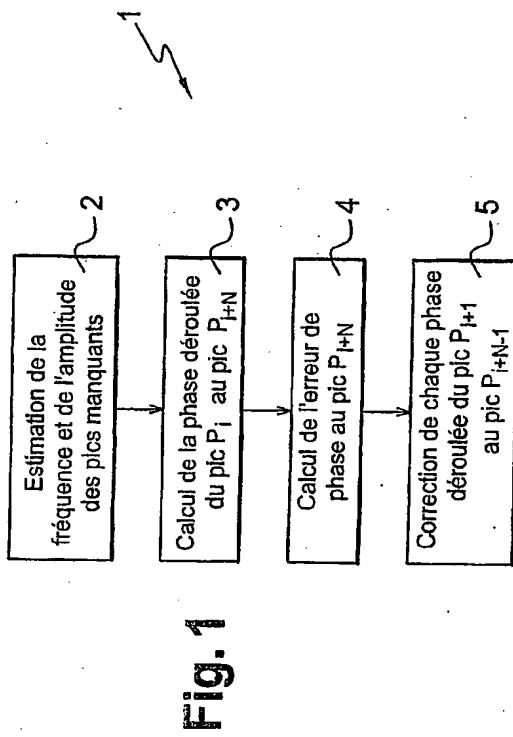


Fig 2





DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1../1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 01 / 270601

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		04968
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0400619
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE RESTAURATION DE PARTIELS D'UN SIGNAL SONORE		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> FRANCE TELECOM  6, place d'Alleray 75015 PARIS		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b>	<b>Nom</b>	RAULT
	<b>Prénoms</b>	Jean-Bernard
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	26, avenue de Wachtendonk
	<b>Code postal et ville</b>	1315161910 ACIGNE
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		France Télécom
<b>2</b>	<b>Nom</b>	LAGRANGE
	<b>Prénoms</b>	Mathieu
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	5, rue Yves Montand
	<b>Code postal et ville</b>	1315151910 SAINT GILLES
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
<b>3</b>	<b>Nom</b>	
	<b>Prénoms</b>	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	
	<b>Code postal et ville</b>	
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b>  JEUNE Pascale Mandataire par pouvoir PG 8611		

19 Janvier 2004

Expéditeur : le BUREAU INTERNATIONAL

**PCT**

NOTIFICATION RELATIVE  
À LA PRÉSENTATION OU À LA TRANSMISSION  
DU DOCUMENT DE PRIORITÉ

Destinataire :

JEUNE, Pascale  
France Telecom/R&D/PIV/PI  
38-40, rue du Général Lelerc  
F-92794 Issy Moulineaux Cedex 9  
FRANCE

(instruction administrative 411 du PCT)

Date d'expédition (jour/mois/année) 01 juillet 2005 (01.07.2005)	
Référence du dossier du déposant ou du mandataire 04968	NOTIFICATION IMPORTANTE
Demande internationale n° PCT/FR2005/000019	Date du dépôt international (jour/mois/année) 04 janvier 2005 (04.01.2005)
Date de publication internationale (jour/mois/année)	Date de priorité (jour/mois/année) 20 janvier 2004 (20.01.2004)
Déposant FRANCE TELECOM etc	

- Par le présent formulaire, qui remplace toute notification antérieure relative à la présentation ou à la transmission de documents de priorité, il est notifié au déposant la date de réception par le Bureau international du ou des documents de priorité concernant toute demande antérieure dont la priorité est revendiquée. Sauf indication contraire consistant en les lettres "NR", figurant dans la colonne de droite, ou un astérisque figurant à côté d'une date de réception, le document de priorité en question a été présenté ou transmis au Bureau international d'une manière conforme à la règle 17.1.a) ou b).
- (Le cas échéant) Les lettres "NR" figurant dans la colonne de droite signalent un document de priorité qui, à la date d'expédition du présent formulaire, n'a pas encore été reçu par le Bureau international selon la règle 17.1.a) ou b). Lorsque, selon la règle 17.1.a), le document de priorité doit être présenté par le déposant à l'office récepteur ou au Bureau international, mais que le déposant n'a pas présenté le document de priorité dans le délai prescrit par cette règle, l'attention du déposant est appelée sur la règle 17.1.c) selon laquelle aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité considérée avant d'avoir donné au déposant la possibilité, à l'ouverture de la phase nationale, de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.
- (Le cas échéant) Un astérisque (\*) figurant à côté de la date de réception, dans la colonne de droite, signale un document de priorité présenté ou transmis au Bureau international mais de manière non conforme à la règle 17.1.a) ou b) (le document de priorité a été reçu après le délai prescrit par la règle 17.1.a) ou la demande d'établissement et de transmission du document de priorité a été soumise à l'office récepteur après le délai prescrit par la règle 17.1.b)). Même si le document de priorité n'a pas été remis conformément à la règle 17.1.a) ou b), le Bureau international transmettra une copie du document aux offices désignés, pour leur appréciation. Dans le cas où une telle copie n'est pas acceptée par un office désigné comme document de priorité, la règle 17.1.c) énonce que aucun office désigné ne peut décider de ne pas tenir compte de la revendication de priorité considérée avant d'avoir donné au déposant la possibilité, à l'ouverture de la phase nationale, de remettre le document de priorité dans un délai raisonnable en l'espèce.

Date de priorité	Demande de priorité n°	Pays office régional ou office récepteur selon le PCT	Date de réception du document de priorité
20 janvier 2004 (20.01.2004)	0400619	FR	27 juin 2005 (27.06.2005)

Bureau international de l'OMPI  
34, chemin des Colombettes  
1211 Genève 20, Suisse

Fonctionnaire autorisé

Beate Giffo-Schmitt (Fax 338-87-20)

n° de télécopieur +41 22 338 82 70

n° de télécopieur (41-22) 338.87.20

n° de téléphone +41 22 338 9241